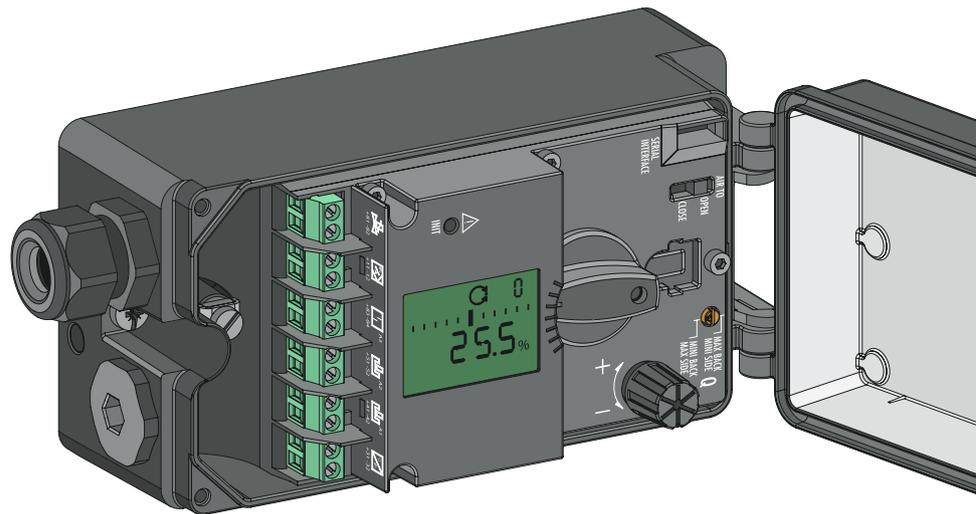


## Neues integriertes Diagnosekonzept bei digitalen Stellungsreglern



Sonderdruck aus  
„atp – Automatisierungstechnische Praxis“  
Jahrgang 46 · Heft 4 · 2004

Verfasser:  
Dr.-Ing. Jörg Kiesbauer



# Neues integriertes Diagnosekonzept bei digitalen Stellungsreglern

J. Kiesbauer, SAMSON AG

Digitale Stellungsregler bieten neben der eigentlichen Regelung der Ventilstellung eines Stellgerätes auch zusätzliche Informationen über ihren eigenen Zustand einschließlich der mechanischen Komponenten wie Ventil und Antrieb. Weitergehende Diagnosemeldungen erhält man durch spezielle Diagnoseprogramme mit geeigneten Testfunktionen. Das erfordert vom Anwender Zeit und Personal für die Einarbeitung und die Durchführung von Diagnosetests. In verfahrenstechnischen An-

lagen sind gerade diese Ressourcen knapp und man ist dort an direkten Diagnoseinformationen ohne Datenflut interessiert [1]. Der folgende Beitrag stellt hierzu ein neuartiges, abgestuftes Diagnosekonzept vor, bei dem im Stellungsregler on-line Daten gesammelt und so ausgewertet werden, dass daraus on-board-Statusmeldungen erzeugt werden. Klare Meldungen erscheinen im Prozessleitsystem ampelkodierte und differenziert für Anlagenfahrer und Instandhalter.

Stellgeräte, digitaler Stellungsregler, on-board-Fehlerdiagnose, on-board-Wartungsinformation, Statusmeldungen mit Ampelkodierung

## New integrated diagnostics strategy for digital positioners

Besides actually controlling the valve's position, a digital positioner also provides additional information about its own condition as well as information about the mechanical components such as the valve and actuator. More extensive diagnostic data are obtained by using special diagnostics software with suitable test functions. The plant operator needs to invest time and manpower in training and performing diagnostic tests. It is exactly these resources that are limited in processing

plants where it is important to access direct diagnostic information without being inundated by vast amounts of data [1]. The following article proposes a new kind of graded diagnostic strategy which involves the data being collected online in the positioner and being evaluated to create on-board status alarms. Explicit alarms appear in the process management system sorted in traffic-light coding and classified for the attention of either the plant operator or maintenance technician.

Control valves, digital positioner, on-board failure diagnosis, on-board maintenance information, status messages with traffic-light coding.

## 1. Merkmale des Stellungsreglers

Die wichtigste Aufgabe eines Stellungsreglers ist nach wie vor das schnelle und möglichst exakte Anfahren der vom Prozessleitsystem gerade vorgegebenen Ventilstellung. Analoge Stellungsregler haben dies schon immer ermöglicht, aber sie bieten nicht den Komfort der digitalen Stellungsregler mit ihrer automatischen Inbetriebnahme und den zahlreichen Einstellmöglichkeiten. Die digitalen Regelalgorithmen ermöglichen aber wegen der begrenzten Taktzeit der integrierten Mikroprozessoren nicht die Dynamik eines analogen Stellungsreglers.

Die beste Alternative ist die Kombination aus digitalen und analogen Komponenten bei der Signalverarbeitung als Vorstufe des pneumatischen Luftleistungsverstärkers des Stellungsreglers. Bei einem solchen Stellungsregler wird in der Eingangsstufe (Bild 1) der Sollwert  $W$  erfasst. Hier sind mehrere Optionen möglich. Bei der 4-20 mA – Zweileitertechnik wird der Sollwert im Automatikmodus als 4-20 mA-Signal vom Prozessleitsystem vorgegeben und über den A/D-Wandler (4) digitalisiert, im Manuellmodus alternativ aber auch über die Einknopfbedienug des Displays (16), die serielle Schnittstelle oder über das überlagerte HART-Signal (FSK, 17). Bei Feldbuskommunikation ist im Automatikmodus das Eingangssignal von vornherein digital.

Der interne PD-Regler (3) nutzt den digitalen Sollwert  $W$  und das analoge Signal der Ventilstellung  $X$  vom Wegaufnehmer (2) als Rückführung zur Erzeugung eines internen Stellsignals  $Y$  zur Ansteuerung des i/p- Moduls (6) in Kombination mit dem pneumatischen Verstärker (7), der den Stelldruck im Stellantrieb durch Be- oder Entlüften solange verändert, bis die gewünschte Ventilstellung erreicht ist. Von Vorteil ist zusätzlich der sehr kleine interne Leckstrom mit Durchflussregelung (9), weil er den Einfluss der inneren Hysterese auf die Stellungsregelung reduziert. Außerdem werden die pneumatischen Komponenten vorteilhaft für die Betriebszuverlässigkeit dauernd mit Luft gespült.

Die Regelparameter des PD-Reglers können mit Hilfe von digitalen Potentiometern digital vorgegeben werden. Sie lassen sich damit während des Initialisierungslaufes optimal an das aktuelle Stellgerät anpassen.

Der PD-Reglerbaustein (3) arbeitet somit halb digital (Sollwert, Regelparameter) und halb analog (Ventilstellung, Regler selbst). Daraus resultiert eine hervorragende Dynamik des Stellungsregelkreises, wie die Bilder 2 und 3 demonstrieren.

Bei sinusförmiger Anregung folgt dieser Stellungsregler selbst bei einer Frequenz von 1 Hz und einer Amplitude von 5% mit einer sehr geringen Phasenverschiebung. Der Stellungsregler mit den schaltenden Piezovenilen hört ab einer bestimmten

Zeit ganz auf, dem sinusförmigen Sollwert zu folgen. Der Grund: Das Gerät erhöht sich die benötigte tote Zone (Toleranzband) selbst und reagiert selbst bei kleinen Änderungen überhaupt nicht mehr.

Bei der sprunghaftigen Anregung mit 1% Signaländerung folgt der Stellungsregler nahezu ohne Verzögerung ohne Überschwingen der Sollwertvorgabe, während die anderen Geräte hier nicht „mitkommen“. Außerdem zeigen zwei der anderen Stellungsregler eine hohe Abweichung von dem real an der Ventilstange direkt abgegriffenen Hub. Dies liegt an der nicht exakten mechanischen Hubübertragung und dem Wegmesssystem. Bei dem zuvor beschriebenen neuen Stellungsreglerkonzept wird sogar die kinematische Übertragung der realen Hubstellung auf den Messwinkel des internen Potentiometers mitberücksichtigt, um Nichtlinearitäten direkt herauszurechnen.

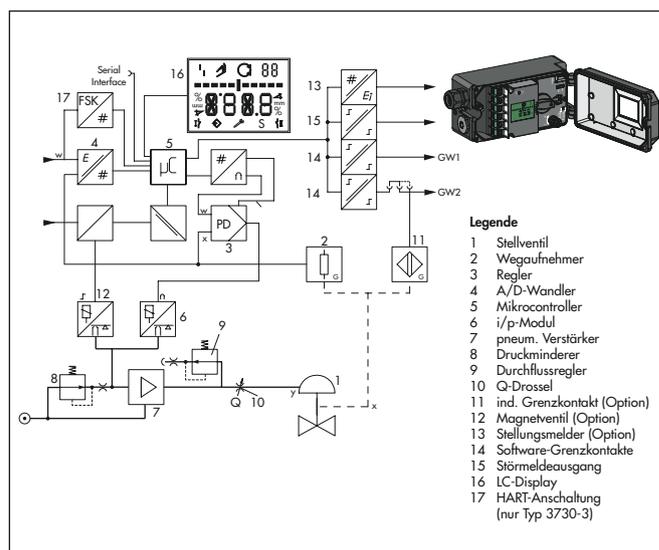


Bild 1: Schematischer Aufbau des betrachteten digitalen Stellungsreglers (SAMSON 3730-3).

Die Messungen in den Bildern 2 und 3 wurden übrigens nach dem automatischen Inbetriebnahmelauf aufgenommen. Der neue Stellungsregler 3730 der Fa. SAMSON wird per Knopfdruck am Display initialisiert und arbeitet auf Antrieb mit höchster Präzision. Aber auch der Stellungsregler 3780 arbeitet sehr gut, allerdings prinzipbedingt (2 Magnetventile) mit geringerer Dynamik. Die anderen Geräte brauchen dagegen noch ein weiteres Fine-Tuning, was einige Minuten dauern kann. Dafür hat der Anwender heutzutage keine Zeit mehr. Er erwartet eine gute Initialisierung per Knopfdruck am Gerät. Ein weiterer Vorteil ist der Notbetrieb, falls der Wegsensor ausfällt. Der Stellungsregler arbeitet dann fehlertolerant, weil

er den bekannten Zusammenhang zwischen internem Stell-signal Y und dem Sollwert W für die Steuerung verwendet und damit nahezu die eigentlich vorgegebene Ventilstellung erreicht.

Die Signale des Wegaufnehmers X (2 in Bild 1) und das interne Stell-signal Y werden zusätzlich A/D-gewandelt und liegen als Information im Mikroprozessor bzw. im Speicher im Zeittakt des Prozessors vor. Diese Signale X, W und Y ermöglichen bei intelligenter Auswertung umfassende Informationen über den Zustand des Stellungsreglers, des Stellantriebs und des Stellventils.

## 2. Diagnoseverfahren und on-line-Rohdaten

### 2.1 Standarddiagnose

Während der automatischen Inbetriebnahme des Stellungsreglers und auch im Normalbetrieb können eine Reihe von Informationen gesammelt bzw. auch mögliche Fehlerquellen detektiert werden. Die Liste in Bild 4 gibt einen Überblick über die einzelnen Datenpunkte.

Unter Status findet man Informationen zur Betriebszeit des Gerätes. Hier wird unterschieden, wie lange das Gerät insgesamt eingeschaltet ist, und wie lange es davon in seinem Regelbereich außerhalb der Schließstellung arbeitet. Außerdem werden zwei Zeitstartwerte betrachtet: nach der allerersten und der letzten Initialisierung.

Die Information über die Anzahl der erfolgten Nullpunktgleiche und Initialisierungen sowie über eine geänderte Konfiguration gibt Aufschluss darüber, ob an dem Stellgerät oft Wartungs- oder Umbauaktionen notwendig waren. Natürlich wird angezeigt, ob das Gerät überhaupt schon initialisiert wurde.

Eine Störung im Gerät wird als übergeordneter Status signalisiert, wenn z.B. ein Betriebs- oder Hardwarefehler erkannt wurde.

Wird die Sicherheitsstellung angefahren, wird der Status „Sicherheitsstellung“ gemeldet. In diesem Zusammenhang ist auch ersichtlich, ob die Sicherheitsstellung durch das optionale, integrierte Magnetventil erreicht wurde.

Da der Stellungsregler auch über das eigene Display bedienbar ist, ist von der Warte erkennbar, ob im Feld an dem Gerät gerade gearbeitet wird.

Wenn bei der automatischen Inbetriebnahme Fehler auftreten, dann wird dies unter Initialisierungsfehler angezeigt. Zum Beispiel zeigen die Codes 50 bis 52 in Bild 4, dass mit dem mechanischen Anbau oder mit den eingestellten Parametern für den Nennhub bzw. den Hubübertragungshebel etwas nicht in Ordnung ist.

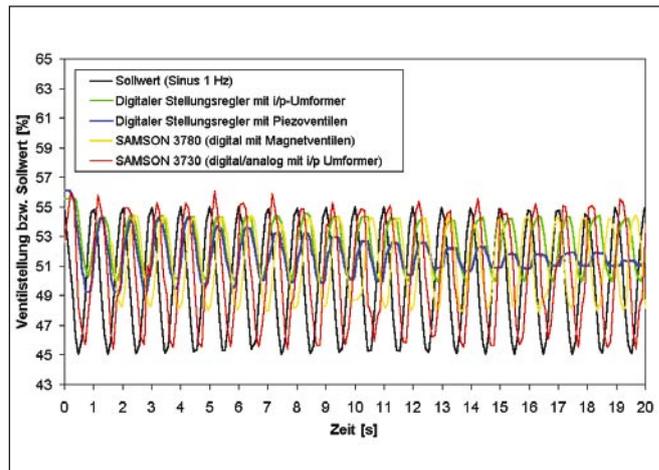


Bild 2: Reaktion unterschiedlicher Stellungsregler auf sinusförmige Anregung.

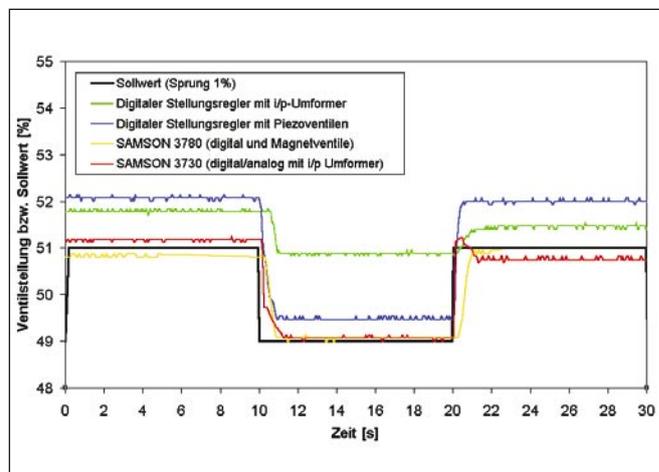


Bild 3: Reaktion unterschiedlicher Stellungsregler auf sprungartige Anregung.

Wichtige Informationen beinhalten auch die Betriebsfehler.

Die Meldung „Regelkreis gestört“ tritt auf, wenn das Stellventil nicht mehr in den vorgegebenen, tolerierbaren Zeiten der Regelgröße folgt.

Verschiebt sich der Nullpunkt um mehr als  $\pm 5\%$  (Default, vom Anwender veränderbar), dann erscheint die Meldung „Nullpunktverschiebung“. Ein Fehler kann auftreten bei Ver-rutschen der Anbaulage/ Anlenkung des Stellungsreglers, bei Verschleiß der Ventilsitzgarnitur oder bei Ablagerungen zwischen Sitz und Kegel.

Bei „Autokorrektur“ ergab sich ein Fehler im Datenbereich des Reglers, der durch die Selbstüberwachung erkannt und automatisch korrigiert wird.

Bei „Fataler Fehler“ wurde in den sicherheitsrelevanten Daten ein Fehler entdeckt, eine Autokorrektur ist nicht möglich. Ursache können EMV-Störungen sein. Zur Abhilfe ist ein Reset durchzuführen und das Gerät neu zu initialisieren.

Bezeichnung	Wert	Einheit	Kommentar
<b>Status</b>			
Gerät eingeschaltet	1500	h	
Gerät in der Regelung	1354	h	
Gerät eingeschaltet seit Init.	867	h	
Gerät der Regelung seit Init	569	h	
Störung vorhanden (Störmeldeausgang)	Ja		
Status Magnetventil	Nicht eingebaut		
Sicherheitsstellung	Öffnend		
Gerät initialisiert	Ja		
Start mit Defaultwerten durchgeführt	Nein		
Vor-Ort-Bedienung aktiv	Nein		
Konfiguration geändert	Ja		
Anzahl Nullpunktungleiche	0		
<b>Status Grenzwerte</b>			
x unterschreitet A1	Nein		
Status Grenzkontakt A1	Sperrend		
x überschreitet A2	Nein		
Status Grenzkontakt A2	Sperrend		
<b>Initialisierungsfehler</b>			
x > Bereich	Nein		Code 50
Delta x < Bereich	Nein		Code 51
Anbau	Nein		Code 52
Initialisierungszeit überschritten	Nein		Code 53
Initialisierung / Magnetventil	Nein		Code 54
Laufzeit unterschritten	Nein		Code 55
Stiftposition	Nein		Code 56
Keine Notlaufeigenschaft	Nein		Code 76
<b>Betriebsfehler</b>			
Regelkreis	Ja		Code 57
Nullpunkt	Nein		Code 58
Autokorrektur	Ja		Code 59
Fataler Fehler	Nein		Code 60
W zu klein	Nein		Code 63
Wegintegral überschritten	Nein		
Temperaturüberschreitung	Nein		
<b>Hardwarefehler</b>			
x-Signal	Nein		Code 62
i/p-Wandler	Nein		Code 64
Hardware	Nein		Code 65
Datenspeicher	Nein		Code 66
Kontrollrechnung	Nein		Code 67
Programmładefehler	Nein		Code 77
<b>Datenfehler</b>			
Regelparameter	Nein		Code 68
Potiparameter	Nein		Code 69
Abgleichparameter	Nein		Code 70
Allgemeine Parameter	Nein		Code 71
Interner Gerätefehler 1	Nein		Code 73
HART Parameter	Nein		Code 74
Info-Parameter	Ja		Code 75

Bild 4: Standarddiagnosemeldungen (SAMSON 3730 EXPERT).

Ist der zur Verfügung stehende Strom (bei HART ca. 3.7 mA) zu gering, dann wird dies unter „W zu klein“ signalisiert. Außerdem kann der Anwender eine Grenze für den Gesamtbetriebsweg nach der letzten Initialisierung festlegen. Überschreitet das vom Stellungsregler gebildete Wegintegral diesen Grenzwert, wird dies als „Wegintegral überschritten“ gemeldet.

Verlässt die mit einem on-board-Tempersensor gemessene Betriebstemperatur des Stellungsreglers den Spezifikationsbereich, erfolgt zusätzlich eine Warnmeldung. Es wird auch erfasst, welche maximale und minimale Betriebstemperatur aufgetreten ist und wie lange eventuell die Grenzen überschritten wurden.

Kritische Fehler sind auch die Hardwarefehler. Ist die Messwerterfassung für die Ventilstellung X ausgefallen, wird dies unter „X-Signal“-Fehler angezeigt. Das Gerät läuft in ei-

nem Not-Modus weiter, sollte aber so schnell wie möglich ersetzt werden. Weitere Fehler sind „i/p-Wandler“-Fehler (Stromkreis des i/p-Umformers unterbrochen), „Hardware“-Fehler, „Datenspeicher“-Fehler (das Beschreiben des Datenspeichers funktioniert nicht mehr, z.B. bei Abweichung zwischen geschriebenen und gelesenen Daten) und „Kontrollrechnung“-Fehler (Hardwareregler gleich Komponente 3 aus Bild 1 wird mit einer Kontrollrechnung überwacht).

Treten bei den im Speicher stehenden Daten Fehler auf, so wird dies unter Datenfehler gemeldet. So können sich Fehler in den Reglerparametern z.B. durch EMV-Störungen ergeben, die unter Regelparameter gemeldet werden. Viele dieser Fehlerparameter sind auch im Feld auf dem Display des Stellungsreglers schon erkennbar (Bild 5).

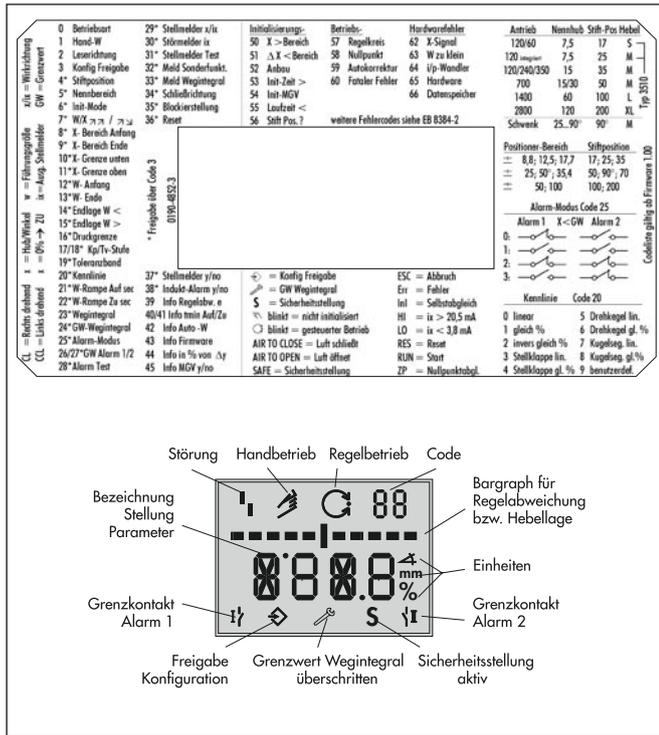


Bild 5: Übersicht über Standarddiagnosecodes auf Display (SAMSON 3730).

## 2.2 Erweiterte Diagnose ohne zusätzliche Sensorik

Die Informationen der Standarddiagnosen konzentrieren sich vorwiegend auf den Stellungsregler selbst. Weitergehende Statusmeldungen auch über das Stellventil, den Stellantrieb und die pneumatische Zulufversorgung sind möglich, wenn die Signale X, W und Y genauer ausgewertet werden. Hierzu braucht der Stellungsregler Basis- bzw. Rohdaten. Im laufenden Betrieb beobachtet er die zuvor genannten Signale und analysiert sie mit Hilfe des integrierten Mikroprozessors. Dieser stellt dem analog arbeitenden Regler in bestimmten Zeittakten nur den Sollwert W bereit und ist sonst von der weiteren Regelung befreit. Das gibt ihm Zeit für folgende Online-Analysen:

- Datenlogger
- Histogramme für Regelabweichung E, Ventilstellung X und amplitudenabhängigen Zyklenzähler
- Endlagentrend (Nullpunkt)
- Signaturdiagramm Stellsignal Y – Ventilstellung X

Bei dem Datenlogger wird zwischen dem permanenten und dem getriggerten Betrieb unterschieden.

Im permanenten Betrieb wird ein Ringspeicher in einer vom Anwender vorgebbaren Abtastrate mit den Werten Ventilstellung X, Regelabweichung E, Sollwert W, Stellsignal Y und

Zeit t beschrieben. Somit stehen immer die letzten aktuellen Werte im Stellungsregler zur Verfügung und können zur Visualisierung der Performance herangezogen werden.

Im getriggerten Betrieb wird der Ringspeicher erst beschrieben, wenn die Triggerbedingung eintritt. Diese kann durch das integrierte optionale Magnetventil oder einer parametrierbare Triggerschwelle der Ventilstellung (z.B. „Ventilstellung X > 1%“ bei geschlossenem Ventil) ausgelöst werden. Bei der Datenaufzeichnung werden aber auch ein paar Werte vor der Auslösung erfasst.

Auf jeden Fall eignet sich dieser Datenlogger bei Triggerung über das Magnetventil auch zur Überprüfung der korrekten Magnetventilfunktion bei Sicherheitsventilen und ob das Ventil sich überhaupt verstellen lässt (ESD=Emergency Shut Down). Bei den Histogrammen werden die betrachteten Größen in bestimmte Klassen sortiert, z.B. Ventilstellungsbereich X in 5% Klassen. In einem bestimmten Zeittakt werden die Werte online erfasst und jedesmal wenn eine Klasse zutrifft, wird deren Zähler um 1 erhöht. Jeder Klassenzähler wird auf den Gesamtzähler bezogen und in % gespeichert. Somit kann die Verteilung in % angegeben werden (siehe Bild 6: Histogramm für Ventilstellung X). Alle Histogramme werden differenziert nach Lang- und Kurzzeitwerten (seit Erstinitialisierung und letzte Zeit).

Solche statistischen Auswertungen beinhalten ganz wichtige Informationen. Ein Histogramm für die Ventilstellung X gibt beispielsweise Aufschluss, wo das Ventil in seiner Lebenszeit vorwiegend arbeitet und ob sich in letzter Zeit ein Trend für Änderungen des Arbeitsbereiches abzeichnet. Der Zyklenzähler beinhaltet Informationen über die dynamische Beanspruchung eines Balgs oder einer Packung. Schließt das Stellgerät häufiger (z.B. bei Batchprozessen), dann kann der Nullpunkt mitprotokolliert werden. Unter Umständen zeigt dann die Funktion „Endlagentrend“, ob eine schleichende Nullpunktverschiebung aufgrund von Verschleiß an Kegel und Sitz stattfindet oder ob der Nullpunkt wegen Lose in der Hubübertragung alterniert.

Das Signaturdiagramm Stellsignal Y – Ventilstellung X basiert auf dem Stellsignal Y als internes Stellsignalwert des i/p-Umformers. In Abhängigkeit der Ventilstellung verläuft dieses Signal ähnlich linear wie der Stelldruck im pneumatischen Stellantrieb. Bei der automatischen Inbetriebnahme wird diese Kurve gemessen und als Referenz im Stellungsregler gespeichert (s. Bild 7).

Bei anliegendem Differenzdruck am Stellventil im Prozessbetrieb verändert sich der Stelldruck im Antrieb bei gleicher Ventilstellung, weil die Strömungskräfte das Kräftegleichgewicht an der Ventilstange stören.

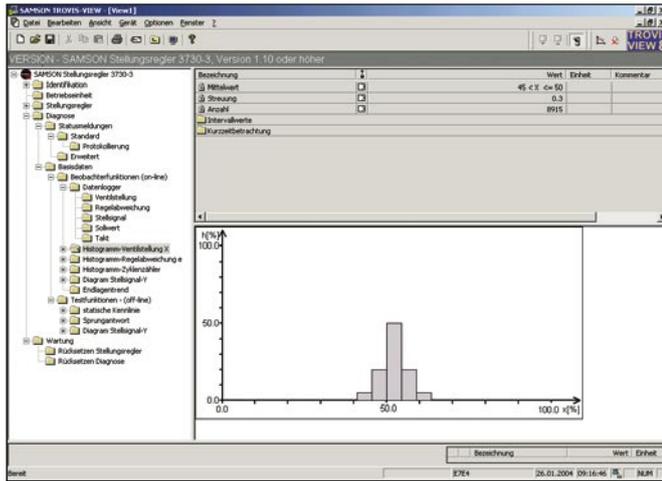


Bild 6: On-line-Histogrammfunktion (Ventilstellung) im Stellungsregler SAMSON 3730 EXPERT+.

Ein ähnlicher Effekt ergibt sich, wenn die Antriebsfedern ihre Vorspannung verlieren, weil eine oder mehr Federn ausfallen. Folglich ändert sich für diese Fälle auch der Zusammenhang zwischen internem Stellsignal Y und der Ventilstellung X. Für ein Stellgerät mit der Sicherheitsstellung „Feder schließt“ verschiebt sich Y nach unten bei gleichzeitig geringerer Neigung. Dagegen lässt Differenzdruck am Ventil bei laufendem Prozess Y zwar auch fallen, aber die Steigung ansteigen und ventilstellungsabhängig werden.

Tritt signifikante Leckage im pneumatischen System infolge undichter Verschraubungen oder einem Membranriss auf, dann erhöht sich das Stellsignal ab einer bestimmten Ventilöffnung sogar kontinuierlich gegenüber der Referenzkurve.

Ist der Zuluftdruck des Stellungsreglers nicht mehr ausreichend, wird das Stellsignal Y ab der eingeschränkten Ventilstellung nahezu „unstetig“ ansteigen.

Im laufenden Betrieb (on-line) erfasst der Stellungsregler ständig das Stellsignal Y in Abhängigkeit der Hubstellung und bildet den ventilstellungsabhängigen Mittelwert einschließlich der Streuung, ohne den Prozess zu stören. Der Mittelwert wird bei jeder Initialisierung zurückgesetzt.

Zusätzlich werden gesondert die Daten der letzten Zeit genauso bewertet, um kurzfristige Änderungen zu erkennen.

Bei einem Stellgerät mit Sicherheitsstellung „Feder schließt“ und Ventildurchströmungsrichtung „Flow To Open“ wird der langfristige Mittelwert über den ganzen Hubbereich ähnlich unterhalb von der Referenzkurve verlaufen wie die „Differenzdruck“-Kurve in Bild 7.

Wandern die Mittelwerte aber zunehmend über die Referenzkurve, dann zeichnet sich ein Problem der Zuluftdruckänderung oder einer pneumatischen Leckage im System Stellungsregler ab.

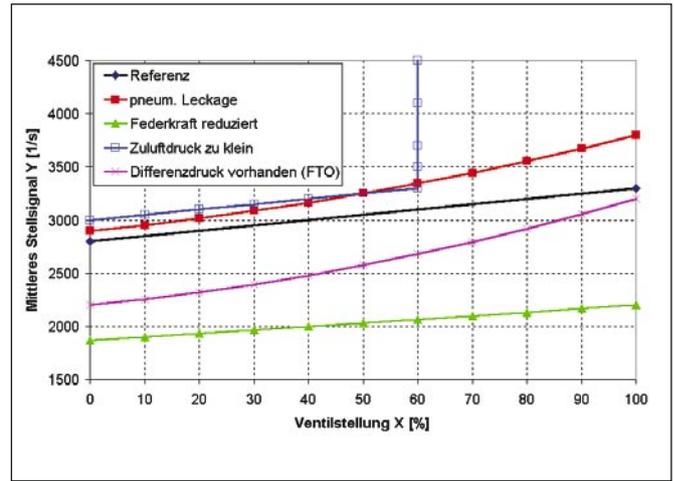


Bild 7: Signaturdiagramm Stellsignal Y – Ventilstellung X aufgrund von Daten im Stellungsregler SAMSON 3730 EXPERT+.

Nehmen die Mittelwerte bei gleichzeitig fallender Steigung gegenüber der Referenzkurve ab, dann ist ein Federkraftverlust wahrscheinlich.

Die Aussagen „leben“ natürlich von dem tatsächlich vorkommenden Ventilstellungsbereich.

Im Offline-Betrieb und bei ausgeschalteter Anlage z.B. vor einer Revision (also ohne Differenzdruck) kann aber der ge-

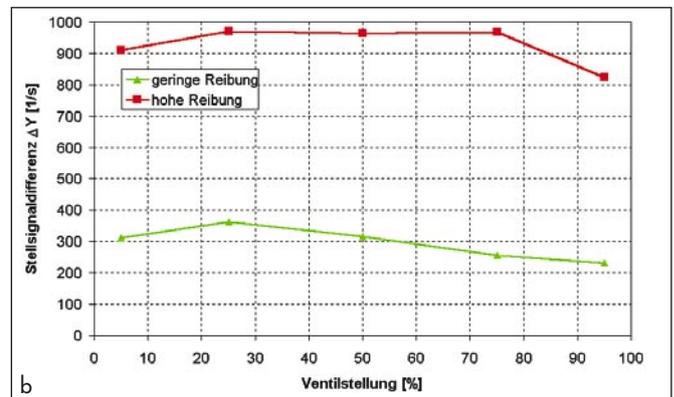
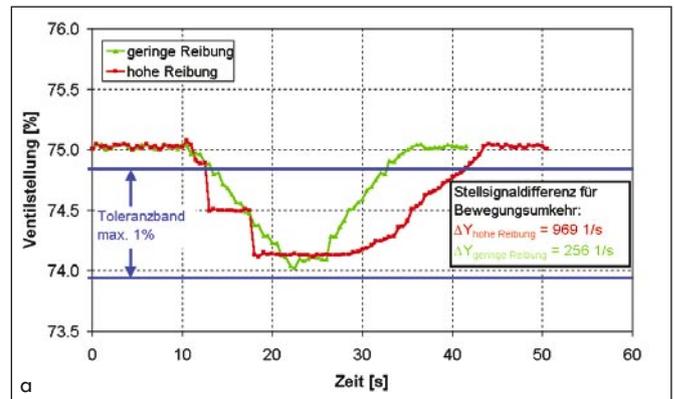


Bild 8 a und b: Hysteresetest (Reibungsdetektion) im Stellungsregler SAMSON 3730 EXPERT+.

samte Hubbereich mittels der aktiven Testfunktion durchfahren werden und die on-line Aussagen genauer überprüft werden.

Die Änderung von Reibkräften kann mit Hilfe des Hysteresetests analysiert werden. Im normalen On-line-Betrieb des Stellungsreglers wird ständig beobachtet, wie sich der Sollwert  $W$  verändert. Liegt die Sollwertänderung in einem vom Anwender vorgebbaren Toleranzband, z.B. 1%, dann kann ein unterlagerter Hysteresetest gestartet werden. Hierbei wird eine diesem Toleranzband entsprechende rampenartige Ventilstellungsänderung gestartet (Bild 8a). Das Stellsignal  $Y$  und die Ventilöffnungsänderungen  $X$  werden während dieser Testphase im Hinblick auf die Änderung  $\Delta Y_{\text{Reib}}$  für Richtungsänderungen ausgewertet. Wie in den Bildern 8a und b erkennbar steigt  $\Delta Y_{\text{Reib}}$  mit zunehmender Reibung an.

Damit aber nicht ständig Störungen auftreten, kann der Anwender bestimmen, welche Zeit zwischen den Testphasen mindestens liegen muss (z.B. 2 mal am Tag). Verlässt der Sollwert während dieser Testphase das Toleranzband, wird der Test sofort abgebrochen, und der Stellungsregler arbeitet wieder im normalen On-line-Betrieb. Alle ermittelten  $\Delta Y_{\text{Reib}}$  werden dem jeweiligen Ventilstellungsbereich zugeordnet. Auch hier werden langfristig seit der letzten Initialisierung alle Werte gemittelt. Kurzfristig werden auch Werte gesammelt, um kurzfristige Änderungen zu erkennen.

Selbstverständlich können off-line bei ausgeschalteter Anlage auch definierte Ventilstellungen über den ganzen Hubbereich angefahren werden und für jeden Datenpunkt  $\Delta Y_{\text{Reib}}$  bestimmt werden. Dies erfolgt zusätzlich zu dem oben beschriebenen off-line-Signatur-Test (Diagramm Stellsignal  $Y$  – Ventilstellung). Weitere Testfunktionen sind die statische Kennlinie (Deadband & hysteresis) und die Sprungantwort mit Auswertung nach ENTECH-Standard.

Mit diesem Rohdatengerüst kann nun eine umfassende Bewertung des gesamten Stellgerätes vorgenommen werden, und zwar im Stellungsregler selber ohne ein softwarebasiertes Diagnose-tool. Die Bewertung resultiert in klaren Statusmeldungen mit Hinweisen für Wartung und Instandhaltung, wie Bild 9 zeigt.

Von Vorteil ist auch, dass für diese Aussagen kein zusätzlicher Sensor, z.B. ein Drucksensor zur Erfassung des Stelldruckes im Antrieb, benötigt wird [2].

### 2.3 Erweiterte Diagnose mit zusätzlicher Sensorik

Anwender wünschen sich für bestimmte Applikationen die Information über den Zustand der internen oder externen Leckage. Mit den Diagnosemethoden aus 2.2 sind wie auch bei Verfahren mit Stelldruckmessung nur indirekte Aussagen möglich.

Bezeichnung	↑	Wert
Zuluftdruck	<input checked="" type="checkbox"/>	Eventuell nicht ausreichend
Antriebsfedern	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Trend Stellbereich	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Reibung	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Leckage Pneumatik	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Beschränkung Stellbereich	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Dynamischer Belastungsfaktor	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Innere Leckage	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Externe Leckage	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Trend Endlage	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Mech. Verbindung Stellungsregler / Stellventil	<input checked="" type="checkbox"/>	-
Stellbereich	<input checked="" type="checkbox"/>	-

Bild 9: Erweiterte Diagnosemeldungen in Form von Stati (SAMSON 3730 EXPERT+).

Für direkte Aussagen braucht man zusätzliche Sensorik.

Deshalb besitzt der hier vorgestellte Stellungsregler einen Binäreingang. Zur Erfassung undichter Stangenabdichtungen kann hier optional ein Druckschalter angeschlossen werden. Dieser wird ausgelöst, wenn das durch die Stangenabdichtung austretende Medium einen Druck im Kontrollvolumen zwischen Primär- und Sekundärdichtung aufbaut. Dann erscheint dem Parameter „Externe Leckage“ in Bild 9 explizit die Meldung „vorhanden“.

An den Stellungsregler lässt sich aber auch optional ein Körperschallsensor mit integrierter Auswerteelektronik anschließen, mit dem eine erhöhte Leckage zwischen Kegel und Sitz bzw. zwischen Sitz und Gehäuse angezeigt werden kann. Die Auswerteelektronik ist in die Stellungsreglerelektronik voll integriert. Die elektrische Versorgung erfolgt über das Stromeingangssignal des Stellungsreglers.

Jedes Mal, wenn das Ventil schließt (Dichtschließfunktion), wird die Signalstärke erfasst. Die Stärke, aber auch die Veränderung über der Zeit, fließen in die Diagnose mit ein.

Es werden nicht automatisierte Systeme auf dem Markt für spezielle Anwendungen eingesetzt, mit dem das Wartungspersonal direkt vor Ort die innere Leckage bei geschlossenem Ventil detektieren kann. Dies stellt aber keine integrierte Lösung dar.

Der eingesetzte Körperschallsensor detektiert innere Leckagen von ca. 0.15% vom maximalen Durchfluss. Er überprüft nicht die Leckageklasse, sondern meldet nennenswerte Leckagen zwischen Leckageklasse und Stellverhältnis. Die ausgewerteten Signallbereiche werden nicht durch Fremdgeräusche gestört. Der Sensor wird vorzugsweise an dem Ventiloberteil („NAMUR-Rippe“) angebaut.

### 3. Integration in Prozessleitsysteme

Der in diesem Beitrag vorgestellte Stellungsregler ist in der Lage, echte on-board-Diagnose mit einem abgestuften Konzept zu ermöglichen. Die Auswertung der zahlreichen Rohdaten erfolgt im Gerät in Form von Statusmeldungen.

Dadurch wird die Integration in die verschiedensten Prozessleitsysteme wesentlich einfacher. Der Anwender braucht keine Testfunktionen mehr zu aktivieren und er bekommt je nach Interessenlage für Anlagenfahrer und Wartungsspezialist eindeutige Meldungen, je nach Prozessleitsystem auch mit einer Signal-Ampel (grün-gelb-orange-rot). Für jede Statusmeldung im Gerät ist ein „Ampelbyte“ vorgesehen, welches konfigurierbar ist. Außerdem werden bis zu 30 der letzten generierten Stati und Aktionen im Stellungsregler mit Zuordnung zum Betriebsstundenzähler protokolliert.

- Grün: in Ordnung
- Gelb: Wartungsbedarf (der Abnutzungsvorrat wird mittelfristig oder schneller als erwartet erschöpft sein)
- Orange: Wartungsanforderung (der Abnutzungsvorrat wird kurzfristig erschöpft sein)
- Rot: Ausfall (der Abnutzungsvorrat ist erschöpft)

Alle Parameter für diese Diagnose sind über HART-Kommandos bzw. „Device Description“-Dateien beschreibbar und lesbar. Das gilt natürlich auch für andere Kommunikationsmöglichkeiten wie Foundation Fieldbus und Profibus-PA.

Damit sind alle Datenpunkte in verschiedensten Prozessleitsystemen und Engineering-Tools zugänglich, wobei grafische

Darstellungen (z.B. Histogramm) nicht in jedem System möglich sind.

Die bessere Lösung ist hier ein Device Type Manager (DTM), der zunehmend in Prozessleitsysteme integriert wird. Der Hersteller kann hier seine Funktionalitäten „Style-Guide“-konform visualisieren (Bild 10).

#### 4. Fernwartung- und diagnose

Diese neuen Strukturen eignen sich natürlich besonders für eine echte Ferndiagnose. Da Statusmeldungen vorliegen, liest man nur Informationen aus dem Gerät, ohne es zu beeinflussen.

Beim Hersteller ist hierfür ein zentraler Server-Rechner installiert, auf dem ein Bedien- und Beobachtungsprogramm (z.B. SAMSON TROVIS VIEW) läuft. Ein Mitarbeiter des Kunden oder auch eines Verkaufsbüros kann nun auf seinem PC eine Internetverbindung über Modem, ISDN, DSL oder eine Standleitung zu der Serveradresse aufbauen. Gleichzeitig baut er mit SAMSON TROVIS VIEW eine Kommunikation zu einem Stellgerät vor Ort auf. Auf der anderen Seite beim Hersteller sitzt nun ein Experte aus dem Servicebereich oder der Entwicklung, der mit dem TROVIS VIEW auf dem Server Informationen aus dem fernen Stellgerät auslesen kann, ja sogar fernbedienen kann. Zusätzlich wird natürlich ein begleitendes Telefongespräch geführt.

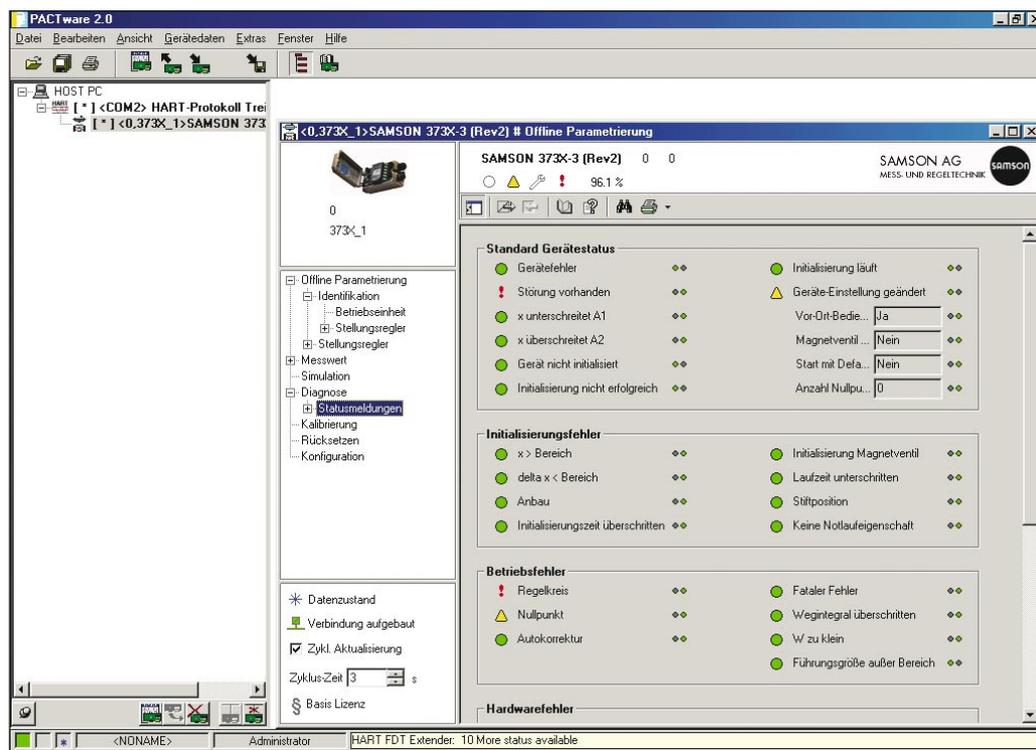


Bild 10: Device Type Manager (DTM) für digitalen Stellungsregler (SAMSON 3730-3)

Somit können Diagnoseinformationen aus dem Gerät direkt vom Hersteller ausgelesen werden und vom Service Empfehlungen für das Stellventil oder den Stellungsregler gegeben werden, ohne dass eventuell ein Spezialist den Kunden oder das Außenbüro besucht. Auch Bedienfehler können sofort behoben werden, wo in der Vergangenheit schon mancher Servicemann wegen einer „Lappalie“ umsonst seine Reise angetreten hat.

Zusätzliche Vor-Ort-Informationen sind möglich, wenn über die Internetverbindung eine Web-Camera visuelle Eindrücke vermittelt. Hier ist auch von Interesse, dass der Stellungsregler die wichtigsten Ventil- und Antriebsdaten gespeichert hat.

## 5. Zusammenfassung

Der vorgestellte Stellungsregler besitzt on-board und vollintegriert Diagnosefunktionen, welche on-line- Diagnosestatistiken erzeugen. Diese können von jedem Prozessleitsystem über DD oder DTM gelesen und angezeigt werden. Dort können sie unterschiedlich für den Anlagenfahrer und Instandhalter verwertet werden. Diese Möglichkeit entspricht der zur Zeit entstehenden NAMUR-Empfehlung zum Thema „Diagnose von Feldbusgeräten“. Wichtig sind aber auch die Diagnosebasis – bzw. Rohdaten wie z.B. Histogramme, die während der Lebenszeit des Gerätes gesammelt werden. Hier können die Experten des Herstellers über die Diagnosestatistiken hinausgehende Informationen über den Einsatz des Stellgerätes gewinnen und einen umfassenderen Service bieten, zum Beispiel auch durch Bereitstellung von Fernwartungs-Verbindungen per Internet.

## Literatur

- [1] Kiesbauer, J., Hoffmann, H.: Anlagennahes Asset Management bei Stellgeräten - Eine Standortbestimmung. atp – Automatisierungstechnische Praxis 44 (2002), H. 7, S. 30 – 37.
- [2] Kiesbauer, J.: Diagnosetools bei Stellgeräten. atp – Automatisierungstechnische Praxis 42 (2000), H. 3, S. 38 – 45.



Dr.-Ing. Jörg Kiesbauer ist Leiter der Abteilung „Entwicklungsprüfstand“ der SAMSONAG. Hauptarbeitsfelder: Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Stellventile einschließlich elektrischer und pneumatischer Anbaugeräte und der Regler ohne Hilfsenergie (strömungstechnische und akustische Untersuchungen, Entwicklung und Optimierung von Berechnungsverfahren, Entwicklung und Erprobung von Diagnosemethoden für Stellgeräte etc., Entwicklung von Softwaretools). Seit 1999 Mitwirkung als Experte in der IEC Working Group 65B-WG9 und im DKE 963  
Telefon: 069 4009-1464, Telefax: 069 4009-1920  
E-Mail: drjkiesbauer@samson.de



SAMSON AG · MESS- UND REGELTECHNIK · Weismüllerstraße 3 · 60314 Frankfurt am Main  
Telefon: 069 4009-0 · Telefax: 069 4009-1507 · E-Mail: [samson@samson.de](mailto:samson@samson.de) · Internet: <http://www.samson.de>